УДК 688.518:622.276

АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

В.З. Ямпольский, А.А. Захарова, М.А. Иванов, О.С. Чернова*

Институт «Кибернетический центр» ТПУ
*Томский политехнический университет
E-mail: cc@cc.tpu.edu.ru

Анализируются наиболее распространенные на рынке программного обеспечения средства и комплексы, применяемые в России и за рубежом для интерпретации результатов исследований и создания цифровых 3D-моделей месторождений нефти и газа. Представлены технологические линейки программных модулей, обеспечивающие выполнение всего комплекса работ по моделированию разработки месторождений. Предложены авторские инструменальные средства (алгоритмические и программные) для оптимизации процесса моделирования разработки месторождений нефти и газа. Результаты анализа позволяют аргументировать выбор рационального набора инструментальных средств из арсенала российского и зарубежного программного обеспечения.

Трехмерное моделирование с применением современных информационных систем и технологий является неотъемлемой частью процесса поиска, разведки и эксплуатации месторождений углеводородного сырья. Необходимость их использования для обоснования решений регламентируется нормативными и законодательными документами как в России, так и в большинствен стран мира.

Процесс моделирования месторождений нефти и газа предполагает последовательное выполнение интерпретации сейсмической, геофизической, петрофизической информации, построение трехмерной цифровой геологической и гидродинамической моделей, моделирование фильтрационных процессов в пласте, прогнозирование процесса разработки, а также выполнение экономических расчетов по результатам моделирования.

Моделирование процесса добычи нефти выполняется не только при проектировании разработки месторождений, но в последние годы все чаще используется при мониторинге. Моделирование может осуществляться при помощи различного по функциональным, стоимостным и т. п. характеристикам программного обеспечения (ПО), выбор которого остается за компанией. Проектирование разработки месторождений углеводородного сырья осуществляется в России на основе трехмерных цифровых моделей месторождений с применением преимущественно зарубежного ПО таких компаний, как: Schlumberger (GeoQuest и т. д.), Smedvig Technologies, Roxar Software Solutions, Western Atlas, Landmark Graphics (GeoGraphix, и т. д.), Paradigm Geophysical, CogniSeis, CGG Petrosystems, PGS Tigress, Seismic Microtechnology, GeoMatic, Quick look, Tigress, Western Atlas, DV-Geo и некоторых других [1–4].

При этом, несомненными лидерами с наибольшим опытом разработки и внедрения программного обеспечения (ПО) для моделирования месторождений нефти и газа являются такие всемирно известные компании, как Schlumberger, Landmark Graphics и Roxar Software Solutions. Эта тройка фирм-производителей ПО в области моделирования месторождений завоевала основную долю рынка. Их партнерами является ряд крупнейших фирм, работающих на рынке программного и аппаратного обеспечения: Sun Microsystems, IBM, Intel, Hewlett Packard и др.

Так, например, в качестве стратегического партнера компании Landmark выступает фирма Accenture, которая занимает ведущее положение в разработке революционных ИТ-решений (информационных технологий) в сфере E&P (Engineering&Production). А использование технологий Linux корпорации IBM позволило той же компании Landmark повысить производительность вычислительной обработки и сэкономить на этом огромные ресурсы.

Более того, ведущие компании-разработчики ПО имеют большие успехи в организации и упра-

влении производством, поскольку образованы они путем слияния и реорганизации ряда других фирм, наследуя их инфраструктуру и опыт. Иллюстрацией этому может служить компания Roxar Software Solutions, которая была организована в 1999 г. в результате слияния Multi-Fluid ASA и Smedvig Technologies AS, демонстрирующая сегодня стремительные темпы развития бизнеса.

Среди клиентов Schlumberger, Landmark, Roxar можно отметить такие нефтяные гиганты, как Statoil, Hydro, BP, TotalFinaElf, Philips, Halliburton. PGS, Shell, ChevronTexaco, WinterShal, Conoco, Unocal, OXY, Apache и др.

В ряде ведущих нефтняных компаний России, таких как: «Роснефть», НК «Юкос», «ЛУКОЙЛ», «ТНК-ВР», «Башнефть», «Татнефть», «Сибнефть», также широко используются упомянутые выше программные системы, как на этапах проектирования, так и при мониторинге и управлении процессом разработки месторождений. Программное обеспечение разработано по модульному принципу. Модули ПО компании Schlumberger, применяемые в процессе проектирования разработки, приведены ниже, на рис. 1.

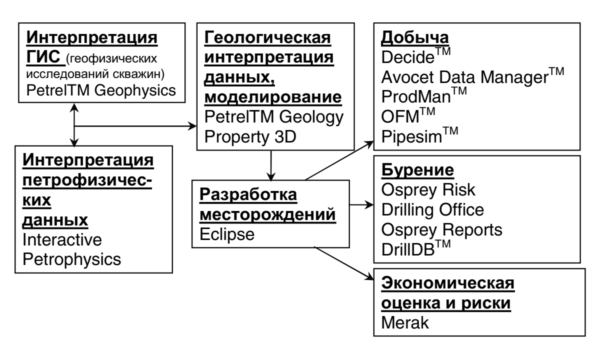


Рис. 1. Технологическая линейка модулей ПО Schlumberger

Анализ структуры, состава и опыта применения ПО для трехмерного моделирования процессов добычи нефти показывает, что успех внедрения и широкого применения ПО иностранных компаний обусловлен рядом факторов. В их числе:

- иммунитет к финансовой нестабильности на рынке ПО в силу того, что сферы деятельности компаний обширны от разработки оборудования для бурения скважин до владения акциями ведущих нефтяных компаний;
- интегрированный характер ПО охватывает весь цикл проектирования (от обработки сейсмической информации до моделирования месторождений углеводородного сырья и прогнозирования оценки экономических рисков при разработке);
- наличие «сервисных» центров, обеспечивающих информационную и техническую поддержку пользователей ПО;
- наличие центров обучения с последующей сертификацией пользователей;
- большой опыт внедрений и апробации в ряде наиболее известных компаний;
- партнерство с производственными, проектными и научными организациями (совместные разработки, проекты, НИР и т. п.), в том числе с ведущими производителями техники, аппаратных средств и т. д.

Применение технологических линеек ПО Schlumberger, Landmark, Roxar обеспечивает ряд дополнительных преимуществ:

- позволяет охватывать весь цикл управления (от мониторинга до сопровождения процесса разработки месторождений);
- обеспечивает использование клиент-серверных технологий и единых баз данных;
- гарантирует надежность работы ПО и сервисное обслуживание на высоком уровне.

К основным недостаткам использования зарубежного ПО для моделирования месторождений нефти и газа в российских компаниях и проектных институтах следует отнести:

- преимущественно англоязычный, не всегда удобный, пользовательский интерфейс, что влечет для пользователя сложность освоения;
- документооборот не ориентирован на регламент, предусмотренный российским законодательством;
- сложность модифицирования ПО (включения дополнительных расчетных модулей, авторских алгоритмов и программ);
- высокая стоимость.

Несмотря на то, что зарубежное ПО доминирует в практике работы крупнейших отечественных нефтяных компаний, в России имеется ряд крупных программных систем, созданных отечественными НИИ и творческими коллективами. Наиболее известными российскими разработчиками ПО для моделирования месторождений нефти и газа являются: ОАО «ЦГЭ», ОАО «Пангея», ООО «Геоинформационные технологии и системы», РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, ВЕНСИС, ООО «ПетроАльянс», ЗАО «Тюменский институт нефти и газа», ООО «СургутНИПИнефть», ЗАО «УфаНИПИнефть». Российскими разработками являются такие программные комплексы и систем, как ГИНТЕЛ, ПРАЙМ, DV-SeisGeo, ПАНГЕЯ, ВИКИЗ, DV-Discovery, DV-Geo, ТРИАС, Лаура, Техсхема и др. [5, 6].

Ряд российских, в том числе и перечисленных выше, разработок в 2005 г. были объединены в рамках программного комплекса ТРАСТ, технологическая линейка модулей которого приведена на рис. 2.

Преимуществами отечественного ПО для моделирования месторождений нефти и газа российскими компаниями являются:

- удобный и русскоязычный пользовательский интерфейс;

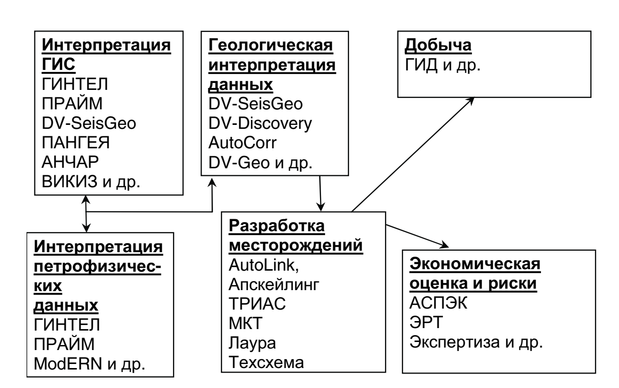


Рис. 2. *Технологическая линейка модулей программного комплекса ТРАСТ*

- невысокая стоимость;
- документооборот, ориентирован на регламент, предусмотренный российским законодательством;
- наличие баз и банков данных-результатов анализа и интерпретации российских месторождений;
- оперативная техническая и информационная поддержка, что позволяет в короткие сроки дорабатывать программное обеспечение по заказу пользователя;
- наличие уникальных модулей, разработанных в научных, проектных и т. п. организациях.

К недостаткам следует отнести:

- слабую технологическую интеграцию, что затрудняет обмен и управление данными;
- локальный опыт внедрения и апробации отдельных продуктов.

Сопоставительный анализ достоинств и недостатков, приведенных выше технологических линеек отечественного и зарубежного ПО для цифрового (3D) трехмерного моделирования месторождений нефти и газа приведен в таблице. Цветом отмечены реализованные модули и функции, а знаками + (качественно), – (не достаточно качественно) и ± (удовлетворительно) оценка качества и степени апробации ПО в российских компаниях.

Процесс моделирования месторождений нефти и газа и разработка проектных документов – это трудоемкий, итерационный процесс, в котором используются различные модули рассмотренного выше ПО, а также ряд вспомогательных программных систем и технологий (геоинформационных, CAD-систем, графических и текстовых редакторов и т. д.). В каждой компании, осуществляющей моделирование, осваивается, поддерживается и развивается собственная линия программных продуктов и соответствующая технология. Состав такого рода технологических линеек определяется рядом объективных и субъективных факторов – от финансового благосостояния компании до личных предпочтений и опыта сотрудников. Ряд проектных организаций разрабатывают собственное программное обеспечение с целью оптимизации отдельных этапов процесса моделирования, автоматизации ввода и хранения данных, анализа информации и т. п. Такого рода авторское программное обеспечение может быть представлено встраиваемыми в среду базовых систем программными модулями.

К такому авторскому ПО относятся модули и системы, разработанные в лаборатории моделирования месторождений нефти и газа ИКЦ ТПУ: LOGGER, Bore Drilling, Well Spasing, АНОТ и др. [7, 8].

Система LOGGER предназначена для визуализации результатов геофизических исследований в скважинах – каротажных диаграмм и реализует следующие функции:

Таблица. *Сравнительные характеристики технологических линеек ПО*

Программные комплексы	Геологическое моделирование						Гидродинамическое моделирование				
	Интерпретация сейсмики	Корреляция	Петрофизика	Интерпретация ГИС	Построение геологической модели	Подсчет запасов	Ремасштабирование	Гидродинамическое моделирование	Мониторинг	Экономика	Экспертиза
ТРАСТ	+	±	±	+	±	±	+	±	±	±	±
Schlumberger	±	+	+	+	+	+	±	+	±	±	
Landmark	±	±	+	+	±	+	±	+		-	
Roxar	±	±	+	+	+	+	±	+	-	-	

- чтение LAS-файлов;
- графическое отображение каротажных диаграмм и заголовков LAS-файлов;
- настройка визуализации (масштабирование отображенных диаграмм, смена порядка расположения диаграмм на экране и т. п.);
- экспорт изображения каротажных диаграмм в формат ГИС MapInfo Professional.

На рис. 3 представлены интерфейс и окно работы системы LOGGER.

Программное средство Bore Drilling предназначено для формирования схем разбуривания и кустования на месторождениях нефти и газа. Данное ПО является независимым модулем и работает с графическим форматом mif/mid, который является обменным для большинства систем оперирования пространственными данными. Основные функции ПО Bore Drilling:

- формирование на основе схемы расположения пробуренных на месторождении скважин и контура водонефтяного контакта рядные и площадные схемы расстановки скважин (трех-, четырех-, пяти- и девятиточечную системы);
- визуализация, настройка, редактирование и экспорт полученных схем;
- формирование схем кустования скважин;
- добавление к схеме горизонтальных стволов.

Все функции снабжены удобными настройками. На рис. 4 показан пример сформированной системы расстановки и кустования скважин.

Система Well Spacing выполняет несколько важных функций:

- обеспечивает взаимосвязь ПО компании Schlumberger и других компаний, в том числе и ПО, разработанного в Лаборатории моделирования месторождений нефти и газа – Bore Drilling;
- обеспечивает экспорт сетки разбуривания в геоинформационную систему с использованием обменного формата mif;
- позволяет быстро и удобно сформировать схему разработки месторождения с учетом всех необходимых параметров.

Таким образом, система Well Spacing является готовым решением для формирования схем разработки месторождений нефти и газа, пример работы ПО показан на рис. 5.

Система АНОТ имеет в своем составе ряд инструментальных средств для качественной оценки значений параметров разработки и подготовки отчета для эксперта.

Основное предназначение системы АНОТ заключается в анализе результатов расчета гидродинамической модели, в оказании помощи специалисту при подготовке проектной документации. Систему АНОТ можно, таким образом, разделить на два функциональных блока, один отвечает за анализ, другой – за отчетность. Неотъемлемой частью системы являются модули, обеспечивающие за ввод и вывод информации, а также организован-

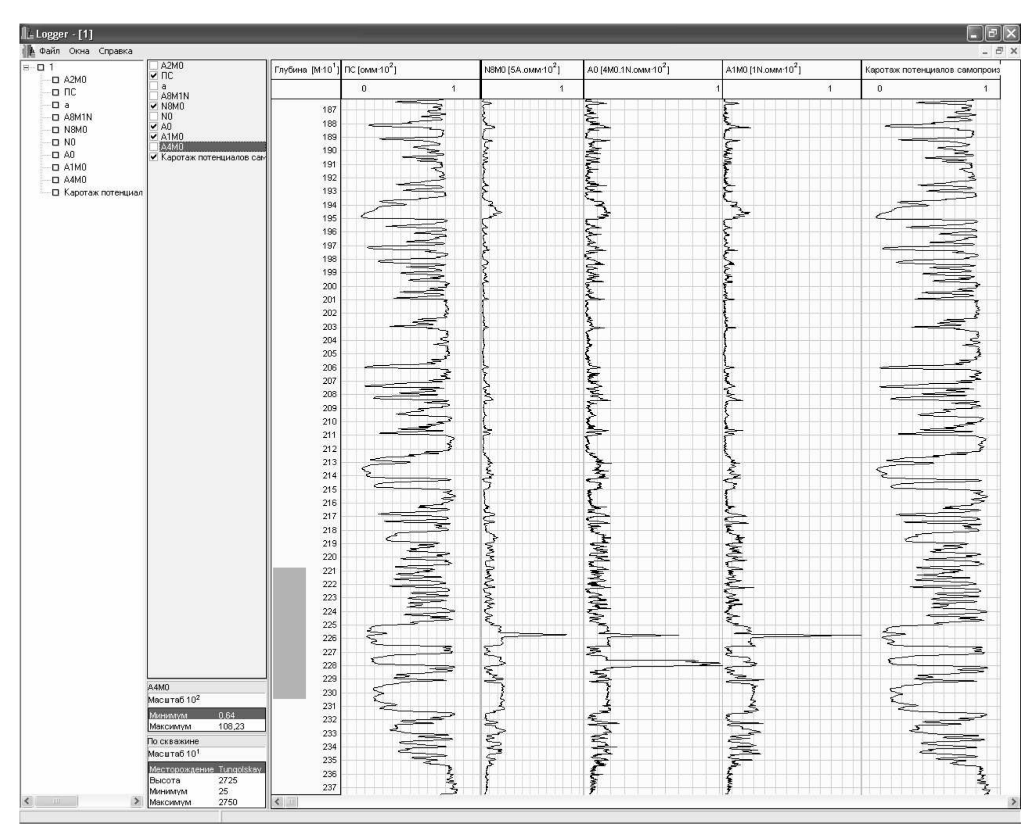


Рис. 3. *ПО LOGGER*

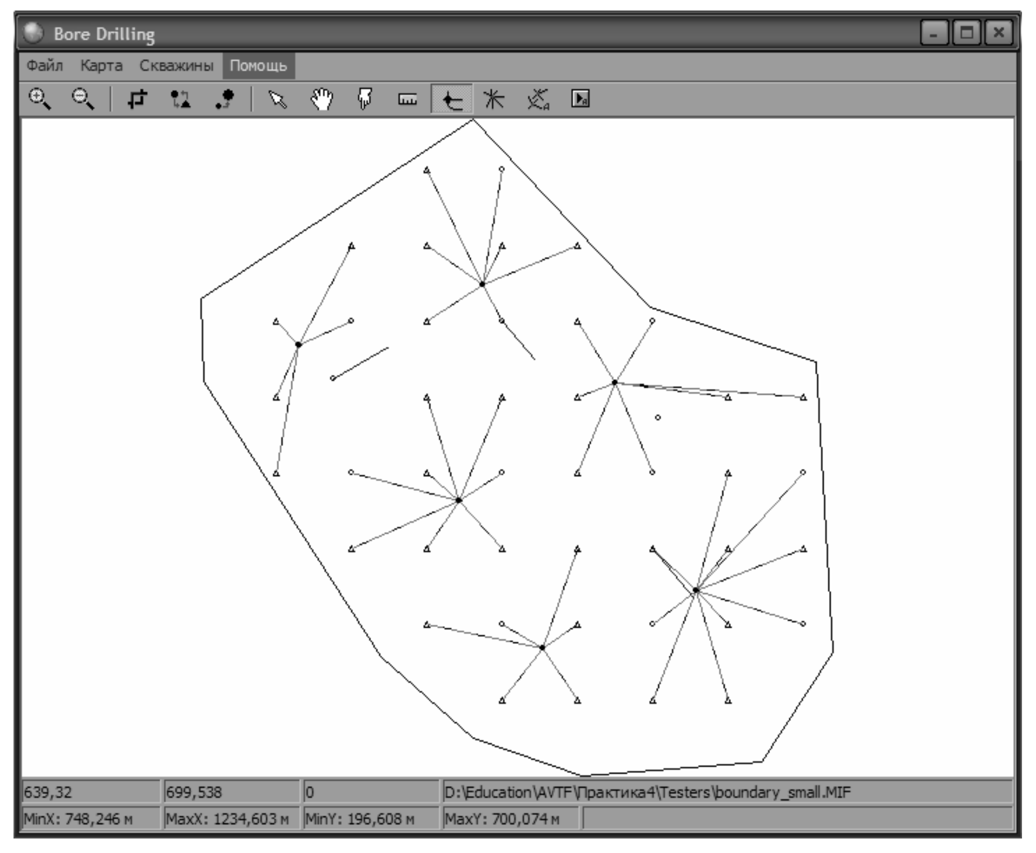


Рис. 4. ПО Bore Drilling

ное хранение необходимых данных для работы системы. Актуальной задачей, реализуемой АНОТ, является максимальная автоматизация ввода информации и оперативное формирование всех необходимых отчетов и графических приложений, что дает возможность снизить нагрузку на специалиста и сократить сроки формирования, согласования и утверждения моделей.

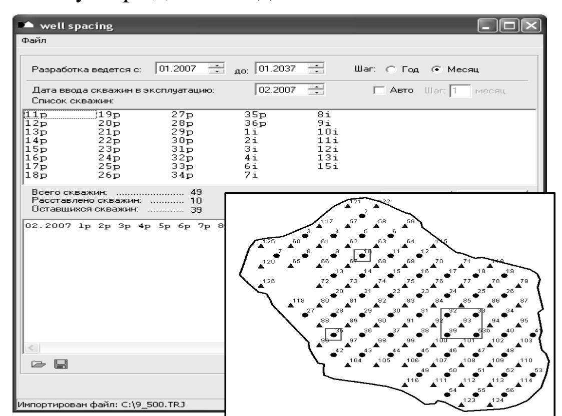


Рис. 5. ПО WellSpacing

Основные функции системы АНОТ:

- проверка соответствия характера изменения пластового давления системы режимам работы;
- выявление и описание причин специфики поведения различных кривых: обводненности, давления и т. п.;
- расчет средних дебитов скважины и краткий экономический анализ ее рентабельности;
- визуализация и экспорт как объединенного отчета по всем вариантам, так и необходимых схем и графиков по отдельности в соответствии с российскими регламентными документами.

Результаты работы ПО системы АНОТ показаны на рис. 6.

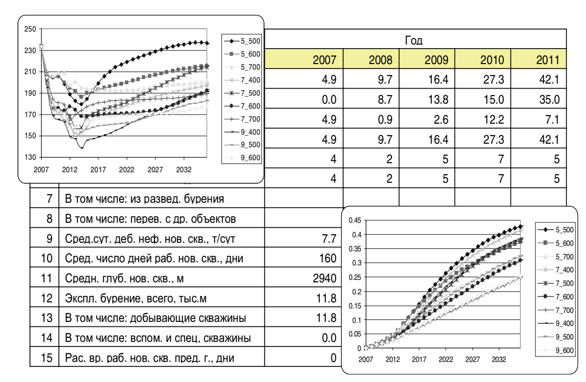


Рис. 6. ПО АНОТ

Таким образом, проведенный анализ отечественного и зарубежного ПО для цифрового трехмерного моделирования месторождений нефти и газа свидетельствует о наличии функционально полного набора алгоритмических и программных средств, позволяющих сформировать соответствующие варианты технологических линеек по

всему комплексу работ в зависимости от финансовых возможностей и опыта работы сотрудников компании. Эти технологические линейки, используемые в нефтяных проектных институтах и компаниях не свободны от недостатков, отмеченных в статье. Они нуждаются в развитии и повышении эффективности, в том числе на основе использования методов оптимизации. Отчасти эта проблема решается с помощью алгоритмических и программных средств, разработанных в Томском политехническом университете. Эти средства применялись при моделировании ряда нефтяных месторождений Томской области, а результаты моделирования использовались для создания проектов, в том числе проектов пробной эксплуатации, технико-экономического обоснования инвестиций и других.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.sis.slb.ru/content/software/simulation (2006 г.).
2. http://www.lgc.ru/about/solutions (2006 г.).
3. http://www.roxar.ru/solutions (2006 г.).
4. http://www.geotec.ru (2006 г.).
5. http://www.wenses.ru (2006 г.).
6. Цой В.Е., Афанасьев В.С. Структура и принципы функционирования ПК «ТРАСТ» // Вестник ЦКР. – 2005. – № 2. – С. 34–38.
7. Захарова А.А., Сморкалова Е.В., Казанцева И.А. Инструментальные средства для анализа 3D-моделей месторождений нефти и газа // Ашировские чтения: Труды II Междунар. научно-практ. конф. – Самара, 2004. – С. 130–131.
8. Федоров Б.А., Останкова О.С., Чернова О.С., Захарова А.А. Применение седиментологических моделей при проектировании разработки Широтного месторождения // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 8. – С. 58–62.

УДК 688.518:622.276